



МЕТОДИКА ПОИСКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ (ИНДУКЦИОННЫЙ МЕТОД)

ЯРОСЛАВЛЬ 2007г

Методика предназначена для пользователей всех модификаций поисковых комплектов КП-100К, КП-500К.

В данном пособии обобщены как существующие, широко известные материалы, так и опыт работы крупных предприятий электросетей. Материал, изложенный в методике, не является исчерпывающим. Мы будем благодарны всем, кто выскажет свои замечания и поделится опытом работы

150000, Российская Федерация,
г. Ярославль, а/я 917
ЗАО "Ангстрем-ИП"
Телефон-факс: (4852) 21-16-16; 72- 63- 66
E – mail: angip@mail.yar.ru и aip@yarnet.ru
Сайт: www.angip.yar.ru

Содержание

ИНДУКЦИОННЫЙ МЕТОД ПОИСКА

Индукционный метод обеспечивает высокую точность определения места повреждения кабельной линии (КЛ) С его помощью можно определять:

трассу КЛ;

глубину прокладки КЛ;

искомый кабель в пучке кабелей,

местонахождение соединительной муфты;

междуфазные повреждения КЛ;

однофазные повреждения КЛ.

Метод относится к топографическим (абсолютным) методам и основан на принципе контроля с поверхности земли электромагнитного поля, которое создается при прохождении по жилам КЛ переменного тока. Для создания поля к КЛ подключается генератор звуковой частоты. Способ подключения генератора зависит от решаемой задачи, конкретных условий и вида отыскиваемой неисправности.

Применение индукционного метода для локализации повреждений возможно, когда над КЛ наблюдается **нерегулярность магнитного поля**, вызванная повреждением кабеля. Уровень и характер изменения поля вдоль КЛ на поверхности земли несёт информацию о неисправности КЛ.

Наличие поля и характер его изменения контролируется приемным устройством с магнитной антенной (МА), имеющим телефоны и индикатор для прослушивания и индикации излучаемого КЛ поля. Величина наведенного в МА сигнала зависит от положения ее катушки относительно магнитного поля КЛ. Катушка МА имеет четко выраженную характеристику направленности с максимумом чувствительности при прохождении силовых линий магнитного поля параллельно оси катушки (Рис.1 положение а) и минимумом при перпендикулярном направлении (Рис.1 положение b).

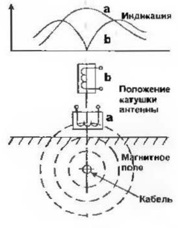


Рис.1

Ориентируя катушку МА определённым образом, можно определять положение одиночного проводника по максимуму либо по минимуму сигнала.

Магнитное поле сигнвла, проходящего по многожильной КЛ, имеет более сложный характер На Рис. 2 изображён характер поля при протекании сигнвла по двум параллельным проводникам.

Рис 2

При расположении проводников в горизонтальной плоскости, силовые линии магнитного поля над серединой кабеля направлены вертикально. В вертикально расположенной МА наводится максимальный сигнал, а в горизонтально расположенной - минимальный. При вертикальном расположении проводников силовые линии над КЛ направлены горизонтально и перпендикулярно к ней, т.е. аналогично одиночному проводнику, и наводят соответствующий сигнал в МА. Если проводники скручены, магнитное поле вдоль КЛ будет меняться, поворачиваясь вдоль оси кабеля по спирали соответственно шагу скрутки (0,5…1,5м, в зависимости от сечения кабеля). При перемещении вдоль КЛ сигнал, принимаемый МА независимо от её ориентации, будет иметь максимумы и минимумы, чередующиеся с шагом скрутки проводников. Такое строение магнитного поля характерно для подключения генератора между двумя жилами кабеля. Если генератор подключён между жилой и экраном магнитное поле аналогично полю одиночного проводника.

Следует отметить, что на поверхности земли во всех случаях действует разностное магнитное поле. Ослабление поля обусловлено тем, что создающий его ток протекает по проводникам во взаимно противоположных направлениях и уменьшается металлическим экраном и оболочкой кабеля. Для четкой индикации сигнала при этом требуется мощность генератора около 100Вт. Для протяжённых (несколько километров) и заглублённых КЛ может потребоваться мощность более 400Вт. При наличии чувствительного и избирательного приёмника такая мощность обеспечит успешное проведение поиска практически любых возможных вариантов повреждений (с применением соответствующих методик).

Определение трассы КЛ

Определение трассы КЛ можно производить одним из двух методов. Для кабеля, отключённого от рабочего напряжения, используется активный метод, с подключением к КЛ поискового генератора. Подключение генератора может осуществляться непосредственно к кабелю или с использованием индуктивного излучателя (рамки) когда непосредственное соединение невозможно. Последний способ может применяться и для кабеля, находящегося под рабочим напряжением. Для кабеля, находящегося под рабочим напряжением, применяется также пассивный метод, при котором используется 50-герцовый канал приёмного устройства.

При определении трассы КЛ активным методом поисковый генератор подключается по варианту жила-экран.

Если генератор включён на частотах 480 или 1069Гц, на дальнем конце КЛ устанавливается закоротка между жилой и экраном кабеля (Рис.5, вариант МВ1). На частоте 9796Гц установка закоротки не обязательна. Полезный сигнал будет наблюдаться за счёт емкостного тока, протекающего через распределённую ёмкость кабеля (вариант МВ2)

Методика поиска имеет два варианта – по максимуму или по минимуму.

Поиск по максимуму. Оператор, передвигаясь вдоль трассы КЛ при горизонтально расположенной МА (ось катушки параллельна поверхности земли и перпендикулярна КЛ - Рис. 1а), слышит максимальный сигнал в головных телефонах непосредственно над кабелем, а при перемещении МА вправо или влево от оси кабеля сигнал будет ослабевать. Аналогично будут меняться и показания на стрелочном индикаторе приёмника. Эта методика может рекомендоваться для ориентировочного определения прохождения кабеля, т.к. из-за размытости характеристики (Рис1а) можно получить существенную погрешность при глубоко проложенном кабеле.

Поиск по минимуму. При вертикальном расположении катушки МА (Рис. 1b) сигнал над кабелем будет иметь минимальное значение и резко усилится при перемещении МА в сторону от оси КЛ. Этот метод, часто называемый «методом минимума», благодаря резкой зависимости сигнала от положения МА относительно КЛ, позволяет точно определить положение кабеля под землёй.

Таким образом, следуя по максимуму (катушка МА горизонтальна) или по минимуму (катушка МА вертикальна) сигнала, определяют трассу КЛ.

Магнитное поле вокруг кабеля будет искажено при наличии вблизи КЛ коммуникаций, больших металлических сооружений. Трасса КЛ при этом будет определена неверно. Чтобы исключить погрешность необходимо провести два замера по минимуму, располагая катушку МА на разных высотах от поверхности (Рис.3).

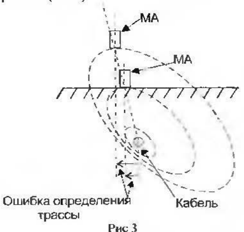


Рис 3

Воображаемая прямая, соединяющая две полученные точки, определяет направление на кабель. При известной глубине прохождения кабеля несложно точно определить трассу. При неизвестной глубине кабеля для правильного определения трассы необходимо соблюдать условие

неизменности точки минимума сигнала на поверхности при изменении расположения антенны по высоте.

Иногда, вследствие разрыва оболочки кабеля в муфтах, ток от поискового генератора протекает по оболочкам соседних кабелей, находящихся под рабочим напряжением. Минимум сигнала при этом получается над кабелем, по которому проходит ток растекания, и трасса КЛ будет определена неверно. Для исключения ложного определения трассы генератор включается между двумя жилами кабеля (МВ5). Сигнал вдоль КЛ будет иметь при этом максимумы и минимумы, чередующиеся с шагом скрутки кабеля.

Пассивный метод не требует подключения поискового генератора к КЛ. Поиск производится по излучаемому кабелем при протекании по нему рабочего тока полю частотой 50 Гц. При этом необходимо включить соответствующий канал приёмника. Методика поиска (по максимуму или минимуму) не отличается от описанной для активного метода.

Определение глубины прокладки КЛ

Для определения глубины прокладки КЛ используются варианты подключения поискового генератора МВ3, МВ4. В месте, где требуется определить глубину прокладки кабеля, необходимо точно отметить трассу КЛ (по минимуму сигнала). Затем катушку МА зафиксировать под углом 45° к плоскости земли и перпендикулярно трассе (Рис. 4).

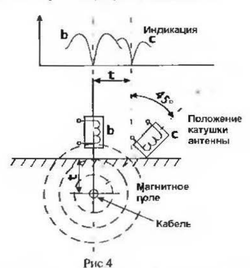


Рис 4

Перемещая в таком положении МА в сторону от трассы, перпендикулярно к ней, находят точку на поверхности земли, в которой имеется минимум сигнала. Расстояние от этой точки до трассы равно

глубине залегания кабеля. То же самое повторяют, следуя от трассы в противоположном направлении.

Критерием правияьности определения глубины служит равенство расстояний от трассы кабеля до точек с нулевым сигналом по обе стороны от кабеля. Если расстояния не равны, это указывает на искажение магнитного поля вокруг кабеля. В таком случае, оценочно, глубина определяется как полусумма этих расстояний.

Определение искомого кабеля в пучке кабелей

Для определения искомого кабеля генератор включают по варианту МВ5 на частоте 480 или 1069Гц между двумя неповреждёнными жилами.

В месте раскопа катушку МА располагают вертикально над пучком и находят кабель по резкому изменению сигнала по обеим сторонам кабеля при перемещении МА вокруг пучка перпендикулярно ему.

Для более точного определения кабеля в пучке применяется накладная индукционная рамка, подключаемая к входу приёмника. Вращая её вокруг очищенного от грунта кабеля, получают два максимума и два минимума сигнала.

Накладная рамка может применяться и для определения места повреждения на открыто проложенных КЛ, при замыкании одной жилы на оболочку (в том числе и для кабелей с жилами в индивидуальных оболочках) и при повреждении изоляции двух или трех жил с большими переходным сопротивлением. При вращении рамки вокруг кабеля до места повреждения наблюдаются два максимума и два минимума сигнала; за местом повреждения сигнал - монотонный.

Виды повреждений, выявляемые индукционным методом

Определение места междуфазного повреждения КЛ

Междуфазные повреждения КЛ наиболее распознаваемы с помощью индукционного метода, поэтому, при затруднении в определении места однофазного повреждения, его переводят в междуфазное, используя прожиг. Прожигом, разрушают изоляцию неповреждённой жилы кабеля, стараясь довести сопротивление между жилами до близкого к нулю. Если сопротивление в месте замыкания будет более одного Ома возможно ложное определение места повреждения. В этом случае сигнал с шагом скрутки кабеля будет наблюдаться как до места повреждения, так и после него.

К подготовленному таким образом кабелю подключают генератор по варианту МВ6 между поврежденными жилами. Протекающая по жилам пара токов создаёт вокруг кабеля спиральное магнитное поле двух

скрученных проводников. Оператор, следующий вдоль КЛ, принимает сигнал, меняющийся по уровню с шагом d скрутки жил (Рис.5).

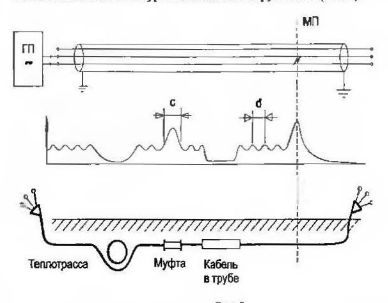


Рис.5

Над местом повреждения уровень сигнала резко увеличивается, а после прохождения места повреждения плавно уменьшается, при этом сигнал от шага скрутки практически не наблюдается.

Если оператор проходит над кабельной муфтой, характер сигнала меняется. Непосредственно над муфтой уровень сигнала увеличивается за счёт большего расстояния между жилами в муфте. Длина интервала с мвасимальным уровнем сигнвла увеличивается относительно шага скрутки кабеля (c>d. Рис.5). За муфтой сигнал опять меняется по уровню с шагом скрутки. По этим признакам определяется место расположения муфты на кабеле.

При изменении глубины прокладки кабеля уровень сигнала с наложенным на него сигналом шага скрутки плавно изменяется обратно пропорциоивльно изменению глубины.

Уровень сигнала уменьшается, если кабель проходит под коммуникациями или в металлической трубе. В последнем случае исчезает сигнал от скрутки кабеля.

Следует отметить, что при наличии на КЛ участков из кабелей разных типов, сочленённых муфтой, сигнал над этими участками будет существенно разным. Например, при соединении кабелей АСБ и ААБ, сигнал над кабелем ААБ будет меньше, чем над АСБ (АС). Это обусловлено лучшим экранированием кабеля ААБ. Такое поведение сигнвла может создать ложное впечатление, что место повреждения найдено. Чтобы

избежать ошибки, следует увеличить чувствительность приёмника и проверить зону КЛ с пониженным уровнем сигнала. Если наблюдаются чередующиеся с шагом скрутки максимумы и минимумы - место повреждения следует искать дальше по трассе.

Определение места однофазного повреждения

Однофазные повреждения с замыканием жил на экран кабеля являются наиболее трудоёмкими для отыскания и требующими высокой квалификации оператора

Самым простым является случай замыкания (утечки) двух или трёх жил на оболочку. При этом появляется возможность подключить генератор к двум жилам. Все жилы и экран на обоих концах кабеля обязательно должны быть отсоединены от земли. Если необходимо, с помощью установки прожига доводят сопротивление в месте повреждения до нескольких Ом. Генератор подключают к двум повреждённым жилам (МВ6). Характер сигнала, наблюдаемого оператором до места повреждения, будет аналогичен сигналу, создаваемому парой скрученных проводников, т.е. будут чередоваться максимумы и минимумы уровня через интервалы, равные длине скрутки кабеля. В месте повреждения сигнал от скрутки пропадает.

В случае замыкания (утечки) одной жилы кабеля на экран, когда невозможно перевести однофазное повреждение в междуфазное, применяют метод «аномалии нуля». Этим методом можно определить место повреждения примерно в 50% случаев.

Предварительно, с помощью установки прожига, необходимо довести сопротивление в месте повреждения до долей Ом. Генератор подключается к кабелю по варианту МВ2. Оператор, находясь в зоне повреждения над КЛ с вертикально установленной катушкой МА, регулировкой чувствительности приемника устанавливает минимальные показания индикатора (не более 20% длины шкалы). При перемещении точно над трассой КЛ произойдет резкое увеличение показаний индикатора над местом повреждения, при этом слышимость сигнала в головных телефонах практически не изменится. После прохождения места повреждения показания индикатора станут такими же, как и до него.

При использовании данного метода следует точно знать места расположения муфт, т.к. они могут дать ложное увеличение сигнала. Увеличение может возникать и в неповрежденной части кабеля. В таких случаях место повреждения находится в последней точке увеличения сигнала.

Отыскание мест повреждений в кабеле с полиэтиленовой изоляцией требует обязательного выполнения нескольких условий.

1 Поврежденный кабель должен быть отключен с обоих концов, как жила, так и оболочка.

2 Поисковый генератор должен иметь изолированный от земли выход. Сопротивление изоляции не менее 1мОм.

Сопротивление в месте повреждения, с помощью установки прожига доводится до значения менее 1 Ом. Прожиг осуществляется током не более 10-20А, чтобы исключить проплавление довольно тонкой оболочки. Генератор подключается между жилой и оболочкой. Катушка МА параллельна КЛ и расположена точно над кабелем. Сигнал, принимаемый оператором, постоянен вдоль всей длины КЛ до места повреждения и не меняется с шагом скрутки. В месте повреждения наблюдается т.н. «перелив» сигнала – резкое повышение уровня, резкое падение и столь же резкое повышение до первоначального значения с последующим плавным затуханием до нуля на протяжении 1,5 – 2м. Либо может наблюдаться резкое снижение до нуля, затем возврат на прежний уровень с последующим плавным затуханием.

Как вариант, поиск может осуществляться с вертикальным расположением катушки МА. В месте повреждения линия нулевого сигнала будет отклоняться от трассы КЛ как изображено на Рис.6

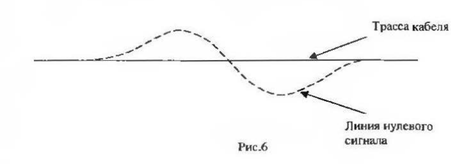


Рис.6

Определение места обрыва жилы

При отыскании места обрыва жилы генератор подключают по варианту МВ2 или МВ7 (оборванная жила- экран). Поскольку выходной ток генератора протекает через поврежденную жилу, распределённую ёмкость и экран кабеля, целесообразно работать на частоте 9796Гц, т.к. емкостное сопротивление обратно пропорционально частоте. Также для уменьшения емкостного сопротивления и, соответственно, увеличения тока целесообразно подключить к экрану незадействованные жилы кабеля.

Величина магнитного поля, а, следовательно, и уровень сигнала, принимаемого оператором, при следовании вдоль КЛ будет постепенно убывать. Над местом повреждения уровень сигнала становится нулевым.

Варианты подключения генератора

Для одножильных кабелей применяется подключение генератора по варианту Рис. 7 - ОВ1 для всех работ на частоте 480Гц или 1069Гц и вариант ОВ2 для частоты 9796Гц.

Варианты подключения для многожильного кабеля указаны в таблице.

Таблица

Вид поврежд е-ния	Определяемый объект	Рабочая частота генератора		
		480Гц	1069Гц	9796Гц
		Вариант подключения		
--	Трасса	мв1, мв3, **мв5**	мв1, мв3, **мв5**	мв1...мв7, **мв5**
	Глубина	мв3	мв3	мв3, мв4
	Муфта	**мв1**, мв3, **мв5**	**мв1**, мв3, **мв5**	**мв1**, мв3, **мв5**
Замыкание жила-экран	Трасса	мв1...мв5, **мв2**	мв1...мв5, **мв2**	мв1...мв7, **мв2**
	Глубина			
	Муфта	мв1...мв5, **мв2**	мв1...мв5, **мв2**	мв1...мв6, **мв2**
	Место повреждения	**мв2**, мв4	**мв2**, мв4	**мв2**, мв4
Замыкание жила-жила	Трасса	мв1, мв3, мв5, **мв6**	мв1, мв3, мв5, **мв6**,	мв1...мв7, **мв6**,
	Глубина	мв3	мв3	мв3, мв4
	Муфта	мв1, мв3, мв5, **мв6**	мв1, мв3, мв5, **мв6**	мв1, мв3, мв5, **мв6**
	Место повреждения	**мв6**	**мв6**	**мв6**
Обрыв жилы	Трасса	мв3, мв5	мв3, мв5	мв1...мв7, **мв2**, **мв6**
	Глубина			
	Муфта	мв3, мв5	мв3, мв5	мв1...мв6
	Место повреждения			мв2, мв7

* выделены предпочтительные варианты

Применяемость способов подключения генератора

ОВ1 – определение трассы, глубины залегания, местонахождение муфт на кабеле без повреждений, определение места обрыва жил.

Характер сигнала - поле одиночного проводника

ОВ2 – определение трассы и глубины залегания кабеля без повреждений на частоте 9796Гц. Определение трассы, глубины залегания,

местонахождения муфт и места повреждения в кабеле с замыканием жила-экран.

Характер сигнала – поле одиночного проводника. В зоне повреждения наблюдается искажение минимума

МВ1 – определение трассы, местонахождения муфт и места обрыва жил

Характер сигнвла – спиральное позе с шагом скрутки жил

МВ2 – определепие трассы, местонахождения муфт и места повреждения в кабеле с замыканием жила-экран.

Характер сигнала до места повреждения - спиральное поле. В зоне повреждения в большинстве случаев - возрастание сигнвла, за местом повреждения - поле одиночного проводника (если все остальные жилы изолированы).

МВ3 – определение трассы, глубины залегания и местонвхождения муфт на кабеле без повреждений

Характер сигнала – полс одиночного проводника (при однородной оболочке).

МВ4 – определенне трассы и глубины залегания кабеля без повреждений на частоте 9798Гц. Определение трассы, местонахождения муфт и места повреждения с замыканием жила-экран

Характер сигнала на кабеле без повреждений – поле одиночного проводника. При замыкании жниа-экран до места повреждения – спиральное поле, в месте повреждения - возрастание сигнала, зв местом повреждения - поле одиночного проводника (иногда с нвложением спирального поля).

МВ5 – определение трассы и местонахождения муфт.

Характер сигнала – спирвльное поле

МВ6 – определение трассы, местонахождения муфт и места повреждения в кабеле с замыканием жила-жила.

Характер сигнала на кабеле без повреждений – спиральное поле. При замыкании жила-жила до места повреждения – спиральное поле, в месте повреждения – возрастание сигнала, после места повреждения - нет сигнала (если остальные жилы изолированы). При замыкании жила-жила-экран до места повреждения – спиральное поле с нвложенным полем одиночного проводника, в месте повреждения - возрастание сигнвла, за местом повреждения – поле одиночного проводника (если оствльные жилы изолированы).

МВ7 – определение места замыкания жила-жила.

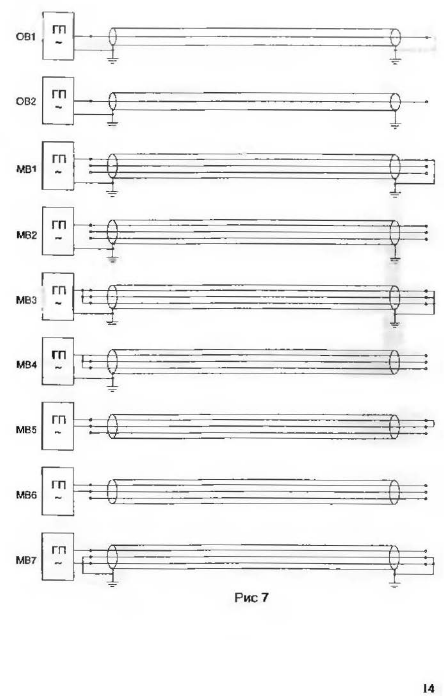


Рис 7